

УДК 378.147

**М.С. САФОНОВ,**

**О.Є. ЯКОВЕНКО,** канд. техн. наук, Херсон, Україна

## **АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ДАНИХ В ІСНУЮЧУ ІНФОРМАЦІЙНУ СИСТЕМУ**

Проведено аналіз системи управління потоками даних на основі наступних п'яти коефіцієнтів якості роботи системи: відмовостійкість системи, прогнозованість системи, стабільність росту черги обробки запитів, актуальність даних та відсутність помилкового виконання. В процесі використання агентів та агентно-орієнтованого методу управління потоками даних встановлено, що робота системи є більш стабільною та прогнозованою в порівнянні з класичним методом обробки всіх даних на сервері без використання розподілених баз даних.

Проведен анализ системы управления потоками данных на основе следующих пяти коэффициентов качества работы системы: отказоустойчивость системы, прогнозируемость системы, стабильность роста очереди обработки запросов, актуальность данных и отсутствие ошибочного выполнения. В процессе использования агентов и агентно-ориентированного метода управления потоками данных было установлено, что работа системы является более стабильной и прогнозируемой по сравнению с классическим методом обработки всех данных на сервере без использования распределенных баз данных.

The analysis of a management system by data streams on the basis of following five coefficients of quality of system operation is carried out: fail safety of system, прогнозируемость systems, stability of growth of queue of handling of requests, an urgency of the data and absence of erratic performance. In the course of usage of agents and the agentno-oriented management method by data streams it has been installed that system operation is handling of all data more stable and predicted in comparison with a classical method on the server without usage of the distributed databases.

Існуючі на сьогоднішній день методи тестування програмного забезпечення (ПЗ) не дозволяють однозначно й повністю виявити всі дефекти й установити коректність функціонування аналізованої програми,

тому всі існуючі методи тестування діють у рамках формального процесу перевірки досліджуваного або розроблювального ПЗ.

Такий процес формальної перевірки або верифікації може довести, що дефекти відсутні з погляду використовуваного методу. Тобто немає ніякої можливості точно встановити або гарантувати відсутність дефектів у програмному продукті з урахуванням людського фактору, який присутній на всіх етапах життєвого циклу ПЗ.

Існує безліч підходів до вирішення завдання тестування й верифікації ПЗ, але ефективне тестування складних програмних продуктів — це процес найвищою мірою творчий, що не зводиться до наслідування визначеним і чітким процедурам або створенню таких.

З погляду ISO 9126, якість ПЗ можна визначити як сукупну характеристику досліджуваного ПЗ з урахуванням наступних складових: надійність, супроводжуваність, практичність, ефективність, мобільність, функціональність.

Вичерпне тестування (тобто перебір усіх можливих варіантів виконання) для будь-якої нетривіальної програми неможливо [1].

Після проведення аналізу результатів впровадження системи управління потоками даних в інформаційну систему Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету (ХПТК ОНПУ), принципи та механізми роботи якої викладені в матеріалах [2, 3], узагальнимо результати дослідження.

Аналіз був проведений на основі наступних п'яти коефіцієнтів якості роботи системи: відмовостійкість системи ( $k_1$ ); прогнозованість системи ( $k_2$ ); стабільність росту черги обробки запитів ( $k_3$ ); актуальність даних ( $k_4$ ) та відсутність помилкового виконання запитів ( $k_5$ ), які визначаються за наступними формулами. Коефіцієнт  $k_1$ :

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i - \sum_{i=1}^{N_{\text{до}}} t_{i\text{до}}}{\sum_{i=1}^N t_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $t_i$  — час виконання  $i$ -го завдання ( $i \in \overline{1, N}$ );

$t_{i\partial\partial}$  – час виконання  $i$ -го завдання під час критичного навантаження робочої станції.

Коефіцієнт  $k_2$  визначається як відношення відхилення емпіричної функції від прогнозованої. В такому випадку  $k_2$  виступає в якості критерію Пірсона. Коефіцієнт  $k_3$ :

$$k_3 = \frac{\left| \sum_{i=1}^N o_i - \frac{\sum_{i=1}^N o_i}{N} \right|}{N \max(o_i)} \cdot 100\% , \quad (2)$$

де  $o_i$  – кількість запитів в черзі в момент  $i$  ( $i \in \overline{1, N}$ ). Коефіцієнт  $k_4$ :

$$k_4 = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} z_j - \sum_{j=1}^{N_s} h_j}{\sum_{j=1}^{N_s} z_j} \cdot 100\% , \quad (3)$$

де  $h_j$  – кількість неактуальних даних в  $j$ -й сутності,

$z_j$  – загальна кількість даних в  $j$ -й сутності, які мають властивість оновлюватися. Коефіцієнт  $k_5$ :

$$k_5 = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} p_j - \sum_{j=1}^{N_s} e_j}{\sum_{j=1}^{N_s} p_j} \cdot 100\% , \quad (4)$$

де  $p_j$  – кількість виконаних запитів в момент  $j$ ,

$e_j$  – кількість виконаних запитів з помилками або неактуальними даними в момент  $j$ .

Визначимо 3 основні вимоги до роботи системи:

Пріоритет відмовостійкості ( $F$ ). Виконання завдань в процесі найменшої завантаженості робочої станції за допомогою агентів.

Пріоритет швидкості ( $S$ ). Виконання завдань з урахуванням найменших витрат часу із застосуванням агентно-орієнтованого методу управління потоками даних в базах даних (БД). Метод описан в статтях [4, 5].

Пріоритет навантаження на головну систему управління (ГСУ) ( $T$ ). Без застосування агентів. Всі дані відправляються до серверу з ГСУ та оброблюються безпосередньо на ньому.

Так як задача найкращого розподілу вагових коефіцієнтів полягає в найвдалішому упорядкуванні додаткових вимог за їх важливістю, а після впровадження системи управління потоками даних враховуються 3 вимоги ( $F, S, T$ ), то всього можливих упорядкувань (перестановок з 3 елементів), а значить і різних пріоритетів роботи, буде  $3! = 6$ . Розшифруємо значення всіх пріоритетів:

- ( $F, T, S$ ) – робота з агентами з відправленням всіх даних та обробкою їх безпосередньо в ГСУ. Агенти виконують завдання за розкладом тільки в момент слабкого навантаження робочої станції.

- ( $S, T, F$ ) – робота з використанням агентно-орієнтованого методу управління потоками даних. Агенти не використовуються. ГСУ безпосередньо виконує обробку даних та управляє віддаленими БД.

- ( $F, S, T$ ) – використання на всіх робочих станціях агентів та агентно-орієнтованого методу управління потоками даних. Всі обробки даних виконуються на робочих станціях в момент їх слабкого навантаження.

- ( $T, F, S$ ) – використання локальних незв'язаних агентів для виконання правил на відокремлених БД. ГСУ та агентно-орієнтований метод управління потоками даних не використовуються. Завдання агентами виконуються в момент слабкого навантаження на робочу станцію.

- ( $S, F, T$ ) – використання на всіх робочих станціях агентів та агентно-орієнтованого методу управління потоками даних. Всі обробки даних виконуються на робочих станціях в момент надходження команди, незважаючи на їх рівень навантаження.

- ( $T, S, F$ ) – робота без агентів. Агентно-орієнтований метод управління потоками даних використовується як допоміжний при надсиланні даних до БД від ГСУ. Рівень навантаження робочої станції не враховується.

На основі аналізу та обробки отриманих експериментальних оцінок всіх шести сформованих послідовностей за кожним з 5 коефіцієнтів якості

$k_i$  (табл. 1, рис. 1), були задані відношення домінування, тобто ступені переваги для кожної пари пріоритетів (табл. 2).

Таблиця 1 – Результати аналізу якості обраних пріоритетів обробки послідовностей даних

Розклад ( $x_i$ ) Коефіцієнти якості ( $k$ ), %	$x_1$ (F, T, S)	$x_2$ (S, T, F)	$x_3$ (F, S, T)	$x_4$ (T, F, S)	$x_5$ (S, F, T)	$x_6$ (T, S, F)
відмовостійкість системи ( $k_1$ )	100	90	100	95	90	92
прогнозованість системи ( $k_2$ )	99	60	100	93	72	84
стабільність росту черги обробки запитів ( $k_3$ )	90	99	99	85	100	90
актуальність даних ( $k_4$ )	90	100	89	85	100	100
відсутність помилкового виконання запитів ( $k_5$ )	99	100	100	100	100	99

Отримане відношення домінування є нечітким, тобто для кожної пари пріоритетів ( $x_i, x_j$ ) визначається  $R(x_i, x_j)$  – кількість коефіцієнтів, в яких має перевагу  $x_i$ , та  $R(x_j, x_i)$  – кількість коефіцієнтів, в яких має перевагу  $x_j$  [6], причому виконання коефіцієнту  $k_1$  вдвічі важливіше за виконання всіх інших коефіцієнтів якості.

Для розв'язання задачі упорядкування отриманих пріоритетів за зменшенням їх параметрів якості була використана формула (5), яка характеризує ступінь переваги даного пріоритету роботи системи

управління потоками даних, тобто зводить оцінки за різними коефіцієнтами в одну [7]:

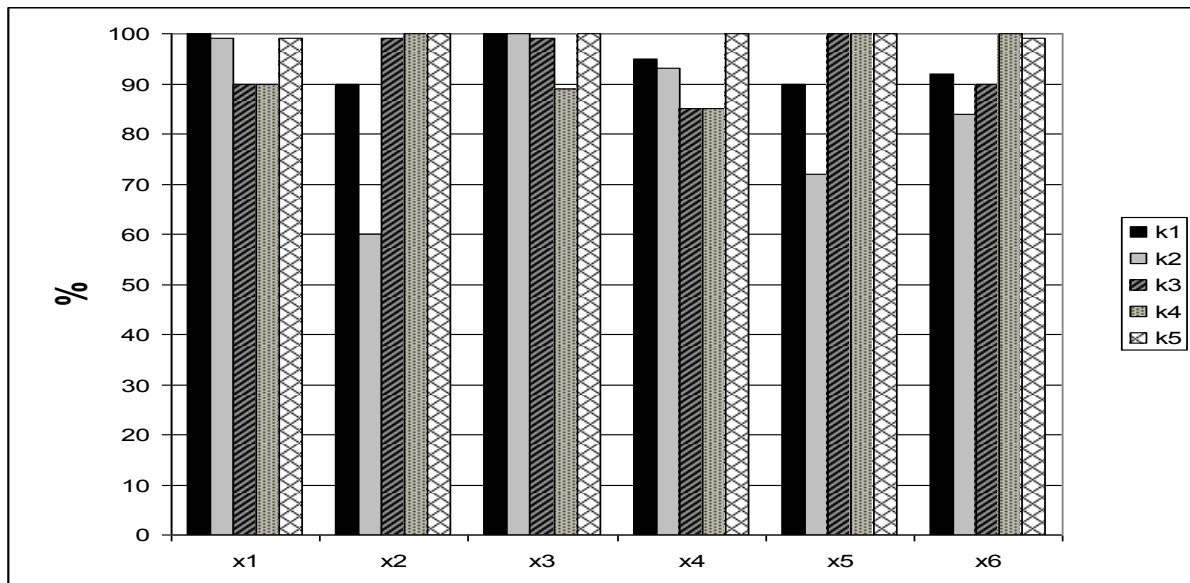


Рисунок 1 – Діаграма розподілу значень коефіцієнтів якості

Таблиця 2 – Відношення домінування  $R(x_i, x_j)$

$x_i$	$x_j$					
	$x_1$ (F, T, S)	$x_2$ (S, T, F)	$x_3$ (F, S, T)	$x_4$ (T, F, S)	$x_5$ (S, F, T)	$x_6$ (T, S, F)
$x_1$ (F, S, T)	-	2	2	4	2	4
$x_2$ (S, F, T)	3	-	3	3	3	3
$x_3$ (F, T, S)	4	4	-	5	3	4
$x_4$ (T, F, S)	1	3	1	-	3	3
$x_5$ (S, T, F)	3	5	3	3	-	3
$x_6$ (T, S, F)	3	3	1	2	3	-

$$\phi(x_i) = \min_{j(j \neq i)} \frac{R(x_i, x_j)}{R(x_j, x_i)}. \quad (5)$$

Для відношення  $R(x_i, x_j)$  табл. 2 маємо:

$$\phi(x_1) = \min \left\{ \frac{2}{3}, \frac{2}{4}, \frac{4}{1}, \frac{2}{3}, \frac{4}{3} \right\} = 0,5 \quad (6)$$

$$\phi(x_2) = \min \left\{ \frac{3}{2}, \frac{3}{4}, \frac{3}{3}, \frac{3}{5}, \frac{3}{3} \right\} = 0,6 \quad (7)$$

$$\phi(x_3) = \min \left\{ \frac{4}{2}, \frac{4}{3}, \frac{5}{1}, \frac{3}{3}, \frac{4}{1} \right\} = 1 \quad (8)$$

$$\phi(x_4) = \min \left\{ \frac{1}{4}, \frac{3}{3}, \frac{1}{5}, \frac{3}{3}, \frac{3}{2} \right\} = 0,2 \quad (9)$$

$$\phi(x_5) = \min \left\{ \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{3}{3}, \frac{3}{3}, \frac{3}{3} \right\} = 1 \quad (10)$$

$$\phi(x_6) = \min \left\{ \frac{3}{4}, \frac{3}{3}, \frac{1}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{3} \right\} = 0,25 \quad (11)$$

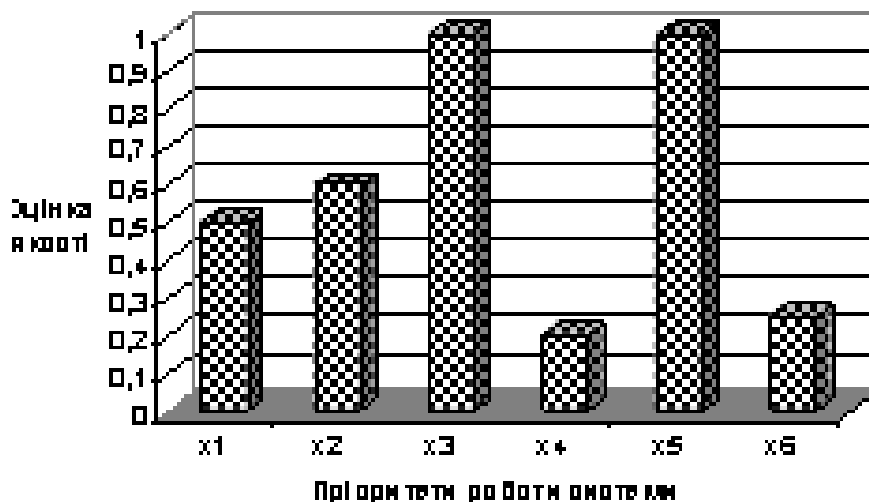


Рисунок 2 – Зведені оцінки якості пріоритетів лі роботи системи що приводить до наступного впорядкування:  $x_1, x_5, x_2, x_3, x_4, x_6$  (рис. 2).

Згідно рис. 2 отримуємо, що в процесі використання агентів та агентно-орієнтованого методу управління потоками даних, робота системи є більш стабільною та прогнозованою в порівнянні з класичним методом обробки всіх даних на сервері без використання розподілених БД.

Таким чином, в результаті впровадження системи управління потоками даних в інформаційну систему ХПТК ОНПУ, була підвищена ефективність роботи локальних автоматизованих систем управління.

Це дозволило зменшити пікове навантаження на робочі станції на 8%. Час сканування всіх БД та пошук потрібної інформації зменшився на 5%. Час виконання складних запитів до розподілених БД зменшився на 14 % (рис. 3).

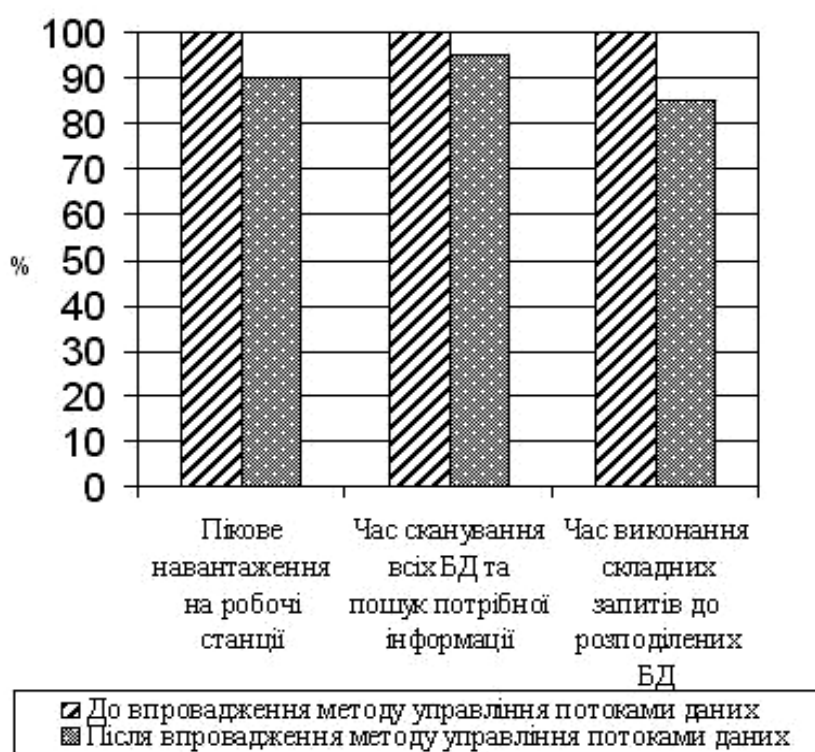


Рисунок 3 – Порівняльна діаграма використання агентно-орієнтованого методу управління потоками даних

**Список використаних джерел:** 1. Тестирование программного обеспечения [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/ru-ru/fordesktopru/thread/e750a78b-0c1f-4766-81a2-7cea9b4b3ea2> (08.04.14). 2. Сафонов М.С. Метод реінжинірингу інформаційної системи з використанням об'єктів управління [Текст] / М.С. Сафонов // Збірник наукових праць / Електротехнічні та комп'ютерні системи — Вип. 13(89) — Київ, 2014 — С. 105-113. 3. Сафонов М.С. Використання об'єктів



керування для оптимізації потоків інформації в мережевих базах даних з різною архітектурою [Текст] / М.С. Сафонов, О.Є. Яковенко, С.О. Савченко // Збірник наукових праць / Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві — Вип. 1 — Одеса, 2012 — С. 60-62. **4. Сафонов М.С.** Імітаційне моделювання обробки даних в інформаційній системі [Текст] / М.С. Сафонов // Збірник наукових праць / Восточно-европейский журнал передовых технологий — Вип. 2/4(68) — Харків: Технологічний Центр, 2014 — С. 37-42. **5. Сафонов М.С.** Моделирование управления потоками данных в информационной системе [Текст] / М.С. Сафонов, А.Е. Яковенко // Сборник научных трудов / Труды Одесского политехнического университета / Компьютерные и информационные сети и системы — Вип. 1 — Одесса, 2013 — С. 97 – 103. ISSN 2076-2429. **6. Гмурман В.Е.** Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В.Е. Гмурман — М.: Высш. шк., 1999. — 225 с. **7. Ягер Р.Р.** Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения [Текст] / Р.Р. Ягер — М.: Радио и связь, 1986. — 408 с.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Testirovanie programmnoho obespechenija [Elektronnij resurs] — Rezhim dostupu: <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/ru-ru/fordesktoppru/thread/e750a78b-0c1f-4766-81a2-7cea9b4b3ea2> (08.04.14). **2. Safonov M.S.** Metod reinzhiniringu informacijnoї sistemi z vikoristannjam ob'ektiv upravlinnja [Tekst] / M.S. Safonov // Zbirnik naukovih prac' / Elektrotehnični ta komp'juterni sistemi — Vip. 13(89) — Kiїв, 2014 — S. 105-113. **3. Safonov M.S.** Vikoristannja ob'ektiv keruvannja dlja optimizacії potokiv informacії v merezhevih bazah danih z riznoju arhitekturoju [Tekst] / M.S. Safonov, O.Є. Jakovenko, S.O. Savchenko // Zbirnik naukovih prac' / Informacijni tehnologii v osviti, nauci ta virobnictvi — Vip. 1 — Odesa, 2012 — S. 60-62. **4. Safonov M.S.** Imitacijne modeljuvannja obrobki danih v informacijnij sistemi [Tekst] / M.S. Safonov // Zbirnik naukovih prac' / Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologii — Vip. 2/4(68) — Harkiv: Tehnologichnij Centr, 2014 — S. 37-42. **5. Safonov M.S.** Modelirovanie upravlenija potokami dannyh v informacionnoj sisteme [Tekst] / M.S. Safonov, A.E. Jakovenko // Sbornik nauchnyh trudov / Trudy Odesskogo politehnicheskogo universiteta / Komp'juternye i informacionnye seti i sistemy — Vip. 1 — Odessa, 2013 — S. 97 – 103. ISSN 2076-2429. **6. Gmurman V.E.** Rukovodstvo k resheniju zadach po teorii verojatnostej i matematicheskoj statistike [Tekst] / V.E. Gmurman — M.: Vyssh. shk., 1999. — 225 s. **7. Jager R.R.** Nechetkie mnozhestva i teorija vozmozhnostej. Poslednie dostizhenija [Tekst] / R.R. Jager — M.: Radio i svjaz', 1986. — 408 s.